

Partial English Translation of J. P. Application  
No. Hei 11(1999)-85066 A

Publication No. Hei 11(1999)-85066 A

5 Publication Date: March 30, 1999

Title of the Invention: Production of Display Device and Spacing Forming  
Mold for Holding Colored Ball

Application Number: Hei 9 (1997)-246733

Application Date: September 11, 1997

10 Applicant: CANON INC

Inventor: Tsutomu IKEDA et al.

Translation of column 3 line 48 to column 4 line 39 of page 3

【0018】

15 As the colored ball to be used, a ball, in which a semisphere is charged  
and each semisphere has a different color, can be used. As shown in Figure 7,  
the colored ball can be formed by coating a semisphere of a white material 801  
such as titanium oxide, zinc oxide, aluminum oxide, or the like, with a colored  
material 802 such as a coevaporation layer of magnesium fluoride and  
20 aluminum, a titanium carbide layer, or the like, or formed by coating the  
colored material 802 with the white material. Alternatively, the colored ball  
can be formed by laminating a colored material 804 and a white material 805  
on the semisphere of a ball 803 of a transparent material such as glass etc.

【0019】

25 Alternatively, on the semisphere the microball 803, a light reflective  
layer made of metal and a colored layer may be formed.

【0020】

When the light reflective layer and the colored layer are formed only  
on the semisphere of the microball 803, optically transparent microballs are  
30 used. In the case where the colored layer 804 is formed on the light reflective  
layer 805 on the microball, by directing the colored layer 804 toward the  
viewer, the colored black can be displayed. Furthermore, in the case where  
the non-colored side is directed to the viewer, the incident light is reflected by  
the light reflective layer 805 via the optically transparent micro balls. At this  
35 time, the microballs function as a spherical lens and light is scattered in the  
various directions different from the direction in which the light is incident,  
thus enabling white display. In the case where the light reflective layer 804

is formed on the colored layer 805 on the microballs 803, by directing the non-colored layer to the viewer, black color can be displayed via the microballs. In the case where the light reflective layer 804 is directed to the viewer, the light incident in the microballs is reflected by the light reflective layer having a spherical shape of the microball, and reflected in the different direction different from the incident direction, thus enabling white display.

**[0021]**

Furthermore, on one semisphere of the microball 803, in the case where the light reflective layer made of metal is formed and on another semisphere of the microball 803, the colored layer is formed, the microball is not required to be optically transparent.

**[0022]**

The principle of display of the colored ball will be explained in more detail with reference to Figure 6. A white microball 1 is formed by laminating a black colored layer 2 on the semisphere. As shown in Figure 6, in the case where the black side of the colored ball is directed to the viewer, natural light is reflected by the black colored layer 2 and the color of the black colored layer 2 is exhibited to the viewer. While, in the case where the white side of the colored ball is directed to the viewer, natural light is reflected by the microball 1 and the white side can be seen. As for the size of the microball, the diameter of the ball is preferably 200  $\mu$  m or less so that the diameter of the ball is not more than one pixel of the display device. The shape of the microball is not particularly limited insofar as it has a curved surface such as sphere.

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11085066 A**(43) Date of publication of application: **30.03.99**

(51) Int. Cl.

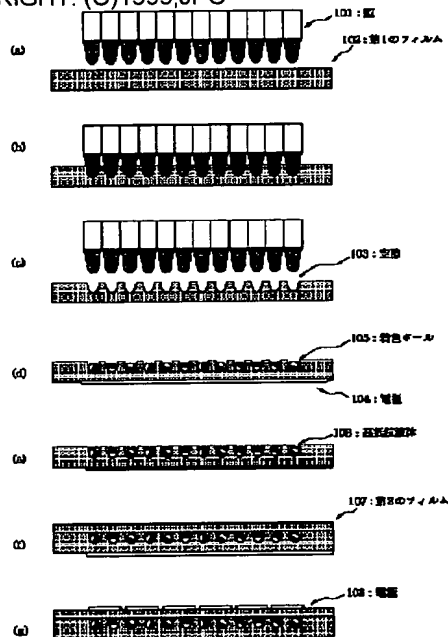
**G09F 9/37**(21) Application number: **09246733**(22) Date of filing: **11.09.97**(71) Applicant: **CANON INC**(72) Inventor:  
**IKEDA TSUTOMU  
YAGI TAKAYUKI  
KISHI ETSURO****(54) PRODUCTION OF DISPLAY DEVICE AND  
SPACING FORMING MOLD FOR HOLDING  
COLORED BALL****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a flexible microball rotation type display device by pushing a mold for forming spacings for holding colored balls to a thermoplastic film and forming the spacings.

**SOLUTION:** The gaps are formed in the first film 102 by using the formed mold 101. The film of a thermoplastic resin is heated to a substrate and is softened (a) and thereafter, the mold is pushed to the film (b), by which the gaps 103 are formed (c). Next, striped electrode patterns 104 are formed on the non-worked surface of the film. The colored balls 105 formed in two colors are fed into the respective gaps of the film (d). After the gaps of the film are internally filled with a high-resistance liquid 106 (e), the second film 107 is stuck to the surface of the previous film and only the circumferences of the films are stuck by using thermal fusion by heat or adhesives, etc., (f). The electrode patterns 108 are then formed on the non-adhesive surface of the second

film 107 (g).

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-85066

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 9 F 9/37

識別記号

3 0 4

F I

G 0 9 F 9/37

3 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-246733

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月11日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 池田 勉

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 貴志 悦朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

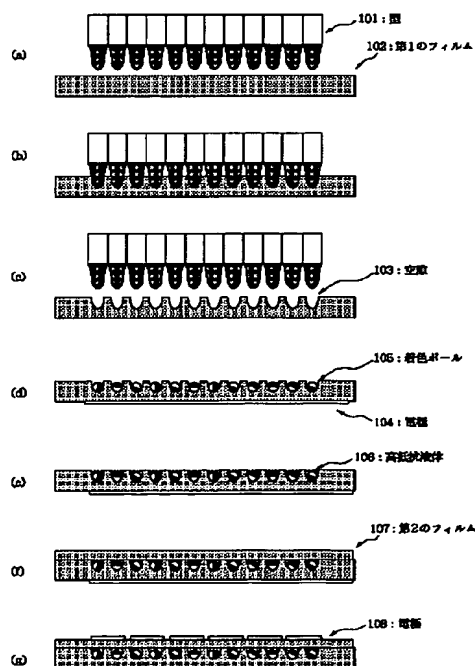
(74) 代理人 弁理士 丸島 儀一

(54) 【発明の名称】 表示装置の製造方法及び着色ボール保持用の間隙形成型

(57) 【要約】

【課題】 着色ボールが分散されたフィルムをキャビティを形成するためにシリコンオイルに浸した場合に、電極が形成されたガラス基板と着色ボールを保持した光透過フィルムとの密着性が低下してしまうことを問題としている。

【解決手段】 本発明は、前記課題を解決するために以下の製造方法を採用した。本発明の表示装置の製造方法は、第1の熱可塑性フィルムを加熱して軟化させる工程と、着色ボール保持用の間隙を形成するための型を該第1の熱可塑性フィルムに押し込み間隙を形成する工程と、該着色ボールを該間隙内に投入する工程と、該間隙内を絶縁性液体で充填する工程と、第2のフィルムを該間隙を被覆するように該第1の熱可塑性フィルム表面に張り合わせる工程と、を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学的特性の異なる 2 つの表面を備えた着色ボールを回転させることにより表示を行う表示装置の製造方法において、

第 1 の熱可塑性フィルムを加熱して軟化させる工程と、着色ボール保持用の間隙を形成するための型を該第 1 の熱可塑性フィルムに押し込み間隙を形成する工程と、該着色ボールを該間隙内に投入する工程と、該間隙内を絶縁性液体で充填する工程と、第 2 の光透過フィルムを該間隙を被覆するように該第 1 の熱可塑性フィルム表面に張り合わせる工程と、を有することを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項 2】 更に、前記第 2 のフィルムの張り合わせ面に溝を形成する工程を有し、前記第 2 のフィルムの張り合わせ面に溝を形成する工程の後に前記第 2 のフィルムを該間隙を被覆するように該第 1 の熱可塑性フィルム表面に張り合わせる工程を行い、その後前記間隙内を絶縁性液体で充填する工程を行う請求項 1 に記載の表示装置の製造方法。

【請求項 3】 更に、前記第 2 のフィルムの張り合わせ面の裏側の表面に電極を形成する工程を有する請求項 1 又は請求項 2 に記載の表示装置の製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表示装置の製造方法に用いられることを特徴とする着色ボール保持用の間隙形成型。

【請求項 5】 前記着色ボール保持用の間隙形成型は、複数の棒状ファイバーを束ねた形状である請求項 4 に記載の着色ボール保持用の間隙形成型。

【請求項 6】 前記ファイバーがガラス又は石英を有する請求項 5 に記載の着色ボール保持用の間隙形成型。

【請求項 7】 前記棒状ファイバーの径が該ファイバーの先端部のみ小さい請求項 5 又は請求項 6 に記載の着色ボール保持用の間隙形成型。

【請求項 8】 前記ファイバーの先端部が離型処理されている請求項 5 ～ 7 に記載の着色ボール保持用の間隙形成型。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学的特性の異なる 2 つの表面を備えた着色ボールを回転させることにより表示を行う表示装置の製造方法及びその製造方法に用いられる着色ボール保持用の間隙形成型に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、情報機器の発達に伴い、低消費電力かつ薄型の表示装置のニーズが増しており、これらニーズに合わせた表示装置の研究、開発が盛んに行われている。中でも液晶表示装置は、液晶分子の配列を電氣的に制御し液晶の光学的特性を変化させる事ができ、上記のニーズに対応できる表示装置として活発な開発が行われ商品化されている。しかしながら、これらの液晶表示

装置では、画面を見る角度や反射光による画面上の文字が見づらさや、光源のちらつき・低輝度等から生じる視覚への負担が未だ十分に解決されていない。この為、視覚への負担の少ない新たな表示装置の研究が盛んに検討されている。

【0003】新たな表示装置として、N. K. Sheridan 等により電界駆動による微小ボールの回転を利用した表示装置が提案されている（“A Twisting Ball Display”, Proc. of the SID, 第 18 巻 3/4 号、289-頁、1977 年、米国特許 4126854 号、同 4143103 号、同 5389945 号、特開昭 64-42683 号）。この表示装置は、微少なボールを用い、該ボールは一方の半球面が白色で、他方の半球面が黒色となっており、前記ボールを支持体に形成したキャビティ内に配し、各キャビティ内に高抵抗な液体を充填して、この液体中でボールが自由に回転できるようにしたものである。この場合、ボールの黒色と白色の夫々の半球部分の相互の帯電状態が異なり、外部電界を与える事によってボールの白色又は黒色の半球面を観察する側にむけるよう回転を制御することができ、目的とする表示ができる。製造方法としては、微小ボールとシリコンラバーを混ぜ合わせて固化させ、次にシリコンオイルに浸してシリコンラバーを膨潤させてボール周辺にオイルで満たされた空隙を形成させる。次に電極パターンが形成された 2 枚のガラス基板によってサンドウィッチすることにより製造される。このような機械式的表示方法は、温度変化、電氣的ノイズに対して極めて安定であり、メモリ性を有する為に表示中に電力を必要としない。さらに、ボール表面の自然光の反射・散乱を利用して表示する為に液晶装置・ブラウン管でみられるような光源のちらつき等にて起こる眼疲労を抑えることができる。

【0004】一方、最近では携帯型の情報機器が非常に速さで開発され、普及している。これらの機器では、従来の低消費電力、薄型だけでなく、より軽量で、且つある程度機器形状に沿って設置できるフレキシブル性をもった表示装置が必要であり、その開発が急務となっている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の方法ではその要求のすべてを満たす表示装置を作製するのは困難であった。即ち、上記微小ボール回転型表示装置は、低消費電力、薄型、低眼疲労の点で優れた特性を示すが、以下の問題によりフレキシブル化するのは困難であった。

【0006】微小ボール回転型表示装置は、シリコンオイル液体中に浸してシリコンラバーを膨潤させて着色ボールの周囲に空隙を形成しているため、オイルによって膨潤した状態のシリコンラバーを 2 枚の基板で挟んだ構造と状態になっているために、そのオイルによりガ

ラス基板とシリコンラバーとの密着性が非常に悪い。そのため、ポリマーフィルムなどを基板に用いてフレキシブルな構造にすると、低密着性と柔らかさのために、シリコンラバーがフレキシブル基板間を動いてしまい、微小ボールの偏り等が発生してしまい問題であった。そのため、フレキシブルな微小ボール回転型表示装置を作製することは困難であった。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するために以下の製造方法を採用した。

【0008】本発明の表示装置の製造方法は、第1の熱可塑性フィルムを加熱して軟化させる工程と、着色ボール保持用の間隙を形成するための型を該第1の熱可塑性フィルムに押し込み間隙を形成する工程と、該着色ボールを該間隙内に投入する工程と、該間隙内を絶縁性液体で充填する工程と、第2のフィルムを該間隙を被覆するように該第1の熱可塑性フィルム表面に張り合わせる工程と、を有する。

【0009】更に、前記第2のフィルムの張り合わせ面に溝を形成する工程を有し、前記第2のフィルムの張り合わせ面に溝を形成する工程の後に前記第2のフィルムを該間隙を被覆するように該第1の熱可塑性フィルム表面に張り合わせる工程を行い、その後に前記間隙内を絶縁性液体で充填する工程を行っても良い。

【0010】更に、前記第2のフィルムの張り合わせ面の裏側の表面に電極を形成する工程を有しても良い。

【0011】更に、本発明の表示装置の製造方法に用いられる着色ボール保持用の間隙形成型に関する。

【0012】更に、着色ボール保持用の間隙形成型は、複数の棒状ファイバーを束ねた形状であつても良い。

【0013】更に、ファイバーがガラス又は石英を有していても良い。

【0014】更に、棒状ファイバーの径が該ファイバーの先端部のみ小さくても良い。

【0015】更に、ファイバーの先端部が離型処理されていても良い。

【0016】更に、本発明では、第1の熱可塑性フィルム及び第2のフィルムのうち少なくとも一方が光透過性であれば良い。なぜなら、観測者がいる表示側のフィルムのみ光が透過できれば、観測者が表示を確認できるためである。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の表示装置は上下の基板上に形成されたそれぞれ直行するストライプ状の電極に電圧を印加することにより、所望の位置の着色ボールを回転させ、白或いは黒の表示を行う。この走査を面内で順次行うことにより、画像を表示できる。

【0018】使用する着色ボールは図7に示す様に、酸化チタン、酸化亜鉛或いは酸化アルミニウム等の白色材料801にフッ化マグネシウム、アルミニウム共蒸着層

或いは炭化チタン層などの有色材料802を半球コートしたもの、或いはその逆、またはガラスなどの透明材料ボール803の半球部に有色材料804及び白色材料805を積層したものなど、半球それぞれが帯電性及び表示色が異なるボールを使用することができる。

【0019】或いは、微小ボール803の半球表面に金属からなる光反射層と着色層が形成されていても良い。

【0020】微小ボール803の半球のみに光反射層と着色層を形成する際には、光透過な微小ボールを用いることとなる。微小ボール上の光反射層805上に着色層804が形成されている場合、観察側に着色層804を向けることにより着色した黒色の表示ができる。また、未着色側を観察側に向けた場合には、入射光は、光透過な微小ボールを介して光反射層805で反射される。この時、微小ボールが球面レンズの役割を果たし、光の入射方向とは異なる様々な方向に光が散乱され、白色に見える表示が可能となる。微小ボール803上の着色層805上に光反射層804が形成されている場合は観察側に未着色層を向けることにより微小ボールを介して着色した黒色の表示ができ、光反射層804を観察側に向けた場合には微小ボールに入射する光は微小ボールの球面形状の光反射層805で反射され、入射方向とは異なる方向に反射され、白色の表示ができる。

【0021】また、微小ボール803の一方の半球面に金属からなる光反射層が、他方の半球面に着色層が形成されている場合には、微小ボールが光透過である必要はない。

【0022】更に詳しく、上記着色層を形成した着色ボールの表示原理を図6を用いて説明する。白色の微小ボール1は、半球面に黒色の着色層2が積層して形成されている。図6より、観察側から見て、着色ボールの黒色側が観察側に向いた場合には、自然光が黒色の着色層2にて反射され、黒色の着色層2の色を見ることがとなり、着色ボールの白色側が観察側に向いた場合には自然光が微小ボール1にて反射され白色が見えることとなる。微小ボールの寸法としては、ボールの直径が表示装置としての画素以下の大きさとなるよう、200 $\mu$ m以下のものが好ましい。微小ボールの形状としては、球体のような曲面形状のものであれば良い。

【0023】着色層2は、反射光の色、反射強度の差を用いることにより観察側からみて微小ボール材料と異なる色相を表示できればよい。微小ボール表面上に着色層を被覆することにより、反射光の色、反射強度等の光学的特性の異なる2つの表面を作り出している。また、着色層としては、絶縁性液体中で安定で、機械的強度が強く、ボール表面への固着性の良い材料であることが好ましい。更に、着色層の色は、白色及び黒色に限られることなく、イエロー、マゼンタ、シアン等でも良い。

【0024】本発明の表示装置の1例を図6を用いて説明する。着色層を形成した微小ボールと、該着色ボール

5

を回転自在に支持する支持体 5 と、着色ボールが自在に回転できる為の間隙（キャビティ）7 とで構成された表示媒体と、該着色ボールを回転し所望の着色層側を表示させる為の電極 6、6' と電源 8 より構成される駆動手段よりなる。また、該間隙 7 は絶縁性液体で満たされている。

【0025】本発明の表示装置の駆動原理の一例を図 8 を用いて説明する。絶縁性液体中の粒子は、粒子と液体の間で電荷の授受が行われ電気二重層が形成され、粒子は正または負に帯電することが知られている。本発明の微小ボール 1 では半球表面に黒色の着色層 2 が形成され、他の半球面は白色である為、2 つの異なる物質からなる領域を有する。よって、絶縁性液体から着色ボール表面に正イオン粒子又は負イオン粒子が特異吸着して、着色ボール表面に表面電位が生じる。この為、絶縁性液体中では各領域で帯電特性が異なることとなり、着色ボールの極方向に双極子モーメントを持つようになる。この着色ボールに電場を印加すると着色ボールにはその極方向を電界方向に揃えようとするトルクが働き、着色ボールはいずれかの半球面を一方向に揃える。白色微小ボール領域がマイナス帯電し、黒色層がプラス帯電しているとすると電源にてプラスが印加された電極 6' に白色微小ボール側が、マイナスが印加された電極 6 に着色層 2 側がくる。これにより図面上部より本発明の表示装置を観察すると白色が見える。電界の方向を逆転すれば微小ボールは反転し、黒色層 2 側を観察側に向け黒色が見える。

【0026】図 8 に示すように、着色ボール、絶縁性液体で満たされたキャビティ 7 内を有する支持体 5 で構成された表示媒体を整形し、表示媒体の上下面に複数の電極を配置し、対向配置された電極間に電圧を印加することにより、該電圧の極性に従う表示色を表示することができる。

【0027】前記の絶縁性液体に用いる液体としては、電気的絶縁性の高い液体であればよくトルエン、アセトン等の有機溶剤や水を用いることが可能であるが、間隙を満たす絶縁性液体が揮発しないよう、不揮発性の液体を用いることが好ましい。特に透明なシリコンオイルはイオンや不純物の含有量が低く、高抵抗な液体であり好ましい。また、絶縁性液体は、着色ボールと接触して、着色ボール表面を界面活性化させ、異なる 2 つの帯電電荷状態を誘発する性質を有する。

【0028】間隙の寸法としては、着色ボールの並進をなるべく防止し、メモリ性を有するため、着色ボールより少し大きいぐらいが好ましい。

【0029】また、着色ボールを駆動するのに用いる電極としては、観察側からみて、微小ボールの表面に形成した着色層を観察できるよう、光透過であることが必要である。この為、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{ITO}$  等の透明導電膜を用いる。

6

【0030】支持体（光透過フィルム）としては、微小ボールの着色層を表示する為に、光学的に透明であることが必要であり、ポリエチレン、ポリスチレン、等の硬質の樹脂やシリコンゴム、ガラス等を用いる。

【0031】本発明の表示装置は、着色ボールの回転を利用して、キャラクタ、グラフィック、ビデオ等の画像情報を表示する受光型表示装置に適用できる。また、紙のように見れ、紙のように動かせ、画像を書き込み、画像を複写でき、画像を読み込み、画像を消去できるペーパー・ディスプレイにも適用できる。

【0032】フィルムに空隙を開けるための型は次の様に作製する。図 3 に、加工したファイバーの断面図の一例を示す。まず、ファイバー 110 を用意する。材料としては、石英ファイバーが好ましく、これを所望の長さに切断する。このファイバーの先端をフッ酸とフッ化アンモニウムの混酸（ $\text{BHF}$ ）でエッチング処理を行い、先端形を所望の形状に加工し、エッチング部 111 を形成する。この形状は、 $\text{BHF}$  の濃度、エッチング時間、石英ファイバー内の組成によって自由に制御することができる。次に、作製したファイバーを離型処理した後、束ねて型とする。図 4 に、型 101 の一例を示す。通常、ファイバーは最も高密度に充填するように、且つ先端の高さがすべて同じになるように並べて固定する。ここで、ファイバーの非エッチング部は周囲のファイバーと接触しているため、接着剤等で固定してもよい。先端部はエッチングが施されているため、それぞれは周囲のファイバーとは非接触の状態となっている。実際には、これを治具等に固定し、型として用いる。

【0033】次に、表示装置の製造方法を図 1 を用いて説明する。まず、作製した型 101 を用いて第 1 のフィルム 102 に空隙を形成する。着色ボール保持用の空隙を形成するフィルム材料としては、熱可塑性樹脂を使用する。常温で固体であって、熱を加えることによって軟化する材料であり、且つ高抵抗液体に対して不溶であれば特に制限はない。例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン等を使用することができる。これらのフィルムを基板上で加熱して軟化させた後（図 1-a）、型をこのフィルムに押し込むことにより（図 1-b）、空隙 103 を形成する（図 1-c）。空隙の深さは、少なくともボールが固定される程度であり、好ましくはボールの直径よりも僅かに大きい程度である。

【0034】次に、上記フィルムの非加工面に対してストライプ状の電極パターン 104 を形成する。パターンは表示に必要な解像度、通常は 200 ドット/インチ（dpi）以下の表示が可能になる配線とする。この配線は、空隙の形成前に形成してもよい。

【0035】次に、上記フィルムの各空隙内に 2 色に形成された着色ボール 105 を投入する（図 1-d）。多量の着色ボールと上記フィルムを容器にいれ、振動を加

えることにより効率よく着色ボールを空隙内に投入することができる。投入後、フィルム表面に付着した過剰なボールははけ等によって除去する。次に、上記フィルムの空隙内を高抵抗液体 106 で満たした後 (図 1-e)、第 2 のフィルム 107 を上記フィルムの表面に張り合わせ、フィルムの周囲のみ、熱による熱融着または接着剤等を用いて貼り付ける (図 1-f)。次に、第 2

フィルム 107 の非接着面に対して第 1 のフィルム 102 と同様にストライプ状の電極パターン 108 を第 1 のフィルムの電極パターン 108 と直行するように形成する (図 1-g)。この配線は、空隙の形成前に形成してもよい。

【0036】フィルムの空隙内への高抵抗液体の注入は第 2 のフィルムを張り合わせた後に行うことも可能である。図 2 に工程を示す。この場合は、第 2 のフィルム 107 の張り合わせ面に空隙 103 のピッチと同様な間隔で溝 109 を形成しておき、これを第 1 のフィルム 102 と張り合わせて接着する (図 2-b)。接着はフィルム周辺部のみでもよいが、接触部すべてを熱融着してもよい。接触部すべてを熱融着した方が、フィルムの曲げ

に対する強度が増すため、より好ましい。次に、高抵抗液体 106 をこの溝 109 を通じて各空隙 103 内に注入する (図 2-c)。注入は、一方の口を減圧にして行っても良く、また毛細管現象を利用して行ってもよい。注入完了後、溝端部は封着する (図 2-d)。次に、第 2

フィルム 107 の非接着面に対して第 1 のフィルムと同様にストライプ状の電極パターン 108 を第 1 のフィルムの電極パターン 104 と直行するように形成する (図 2-e)。この配線は、空隙に形成前に形成してもよい。

【0037】以上の工程により着色ボールが回転することにより表示を行う表示装置を製造できる。

【0038】

【実施例】以下本発明を実施例を用いて詳細に説明する。

【0039】(第 1 実施例) 直径 50  $\mu$ m の石英ファイバーを用意し、これを 3 cm の長さに切断した (図 5-a)。このファイバーをフォトレジスト 112 で全面コートした後 (図 5-b)、紫外線露光を行い、ファイバーの先端から 100  $\mu$ m のレジスト相を溶解除去した (図 5-c)。次にこのファイバーの露出した先端部をフッ酸 (HF) とフッ化アンモニウム (NH<sub>4</sub>F) の混酸 (BHF) でエッチング処理を行った (図 5-d)。BHF の濃度は、HF (濃度 50%) : NH<sub>4</sub>F (濃度 40%) : H<sub>2</sub>O = 10 : 1 : 1、エッチング時間は 1 h であった。レジスト溶解 (図 5-e) 後、作製したファイバーを離型処理し、束ねて接着剤等で固定して型とした。図 4 に、作製した型 101 の模式図を示した。

【0040】次に、表示装置を作製した。まず、作製した型 101 を用いて、膜厚 80  $\mu$ m のポリエチレンテレフタレートからなる第 1 のフィルム 102 を基板上で 2

50℃に加熱して軟化させた後 (図 1-a)、型をこのフィルムにゆっくり押し込むことにより (図 1-b)、空隙 103 を形成した (図 1-c)。空隙の深さ約 40  $\mu$ m とした。次に、上記フィルムの非加工面に対して Cr からなるストライプ状の電極パターン 104 を形成した。ピッチは 100  $\mu$ m、電極の線幅は 40  $\mu$ m とした。

【0041】次に、上記フィルムの各空隙内に 2 色に形成された着色ボール 105 を投入した (図 1-d)。着色ボールとしては、直径 30 ~ 35  $\mu$ m のジルコニアボールに対して、半球面に TiC が被覆されたものを用いた。投入は多量の着色ボールと上記フィルムを容器にいれ、振動を加えることにより行った。次に、上記フィルムの空隙内を高抵抗液体 106 として低粘度シリコンオイルで満たした後 (図 1-e)、膜厚 40  $\mu$ m のポリエチレンテレフタレートから成る第 2 のフィルム 107 を第 1 のフィルムの表面に張り合わせ (図 1-f)、両フィルムの周辺を局所的に加熱して融着し、密封した。次に、第 2 のフィルム 107 の非接着面に対して第 1 のフィルム 102 と同様にストライプ状の透明電極パターン 108 を第 1 のフィルムの電極パターン 108 と直行するように形成した (図 1-g)。

【0042】以上の方法で作製した表示装置のフィルム上下の電極パターンに対して、100V の DC 電圧をパターン状に印加したところ、着色ボールが回転し、一印加面が黒色表示、+印加面が白色表示となり、良好な表示を行うことができた。また、この表示装置を繰り返し曲げて、フレキシブル性を調べたところ、表示への影響、破損等は全く生じなかった。

【0043】(第 2 実施例) 実施例 1 と同様な方法で型を作製した。

【0044】次に、作製した型 101 を用いて、膜厚 60  $\mu$ m のポリカーボネートからなる第 1 のフィルム 102 を基板上で 220℃に加熱して軟化させた後 (図 1-a)、型をこのフィルムにゆっくり押し込むことにより (図 1-b)、空隙 103 を形成した (図 1-c)。空隙の深さ約 35  $\mu$ m とした。次に、上記フィルムの非加工面に対してストライプ状の電極パターン 104 を 80  $\mu$ m ピッチで形成した。

【0045】次に、実施例 1 と同様に、上記フィルムの各空隙内に 2 色に形成された着色ボール 105 を投入した (図 1-d)。着色ボールは、直径 25 ~ 30  $\mu$ m のジルコニアボールに対して、半球面に TiC が被覆されたものを用いた。

【0046】次に、30  $\mu$ m ピッチで、幅 10  $\mu$ m、深さ 10  $\mu$ m のストライプ状の溝が形成された膜厚 40  $\mu$ m のポリエチレンテレフタレートから成る第 2 のフィルム 107 を用意し、このフィルムを第 1 のフィルムの表面に張り合わせ (図 1-f)、フィルムを加熱してフィルムの接触面、即ち空隙以外の面を融着した。



【0047】次に、ストライプ状の溝の一方を減圧にして低粘度シリコンオイルを吸い上げ、空隙内をオイルで満たした後（図1-e）、溝両端部を封着した。

【0048】次に、第2のフィルム107の非接着面に対して、第1のフィルム102と同様にストライプ状の透明電極パターン108を第1のフィルムの電極パターン108と直行するように形成した（図1-g）。

【0049】以上の方法で作製した表示装置のフィルム上下の電極パターンに対して、100VのDC電圧をパターン状に印加したところ、着色ボールが回転し、一印加面が黒色表示、+印加面が白色表示となり、良好な表示を行うことができた。また、この表示装置を繰り返し曲げて、フレキシブル性を調べたところ、表示への影響、破損等は全く生じなかった。

【0050】図2は絶縁性液体封入前にフィルムの接着を行うため、絶縁性液体のはみ出し等を考慮せずに接着を行うことができる。また、絶縁性液体を下から上に吸い上げるにより、気泡の残留を容易に防止できる。

【0051】（第3実施例）図9は本発明の第1の実施形態を利用した表示装置の一例の概略構成を示すものである。図9（a）は平面図、図9（b）は断面図である。まず、透明な下部ITO電極2102で全面を被覆された厚さ100 $\mu$ mのPETフィルム2101上に、実施例1で述べた着色ボール2103を分散させて成るゴムシート2104を厚さ100 $\mu$ mに形成した。係るシート上に、所望の形状にパターンニングされた透明な上部ITO電極2106を有する厚さ100 $\mu$ mのPETフィルム2105を、上部ITO電極2106が前記ゴムシート2104と対向する向きに圧着した。上部ITO電極2106の形状・サイズは、所望の解像度に合

わせて選択する必要があるが、本実施例では簡単にするため、従来公知の7セグメント・タイプを用いた。各上部電極2106とパルス発生器2107を接続し、波高値100V、パルス幅50msの矩形波を全電極に印加して、全面を白色状態とした。次に、上部ITO電極2106の内、任意のものをスイッチ2108で選択した上で、先程とは逆極性のパルス

を印加したところ、黒色表示が再度白色表示に戻ることを確認した。

【0052】（第4実施例）実施例3で用いた7セグメント・タイプの構成に変えて、下部電極2112、上部電極2113をストライプ状のITO電極で構成した。ストライプ状のITO電極幅及びその電極間の間隔は、40 $\mu$ mとした。下部電極2112と上部電極2113とは互いに直交するように配置した表示装置を作成し

た。係る表示装置の概略構成を図10（a）、（b）に示す。全下部電極2112と全上部電極2113に不図示のパルス発生器を用いて波高値100V、パルス幅50msの矩形波を加えて、全面を白色状態とした。次に任意の下部電極2112と上部電極2113とを選び、係る電極間に上記パルス発生器を用いて逆極性のパルスを印加したところ、両電極が交差する領域において、着色ボール2103が回転して、黒色化した。すなわちパルス印加する電極の組み合わせを選択することにより、所望の領域を黒色表示できることを確かめた。また、さらに黒色表示をもたらすパルスとは逆極性のパルスを印加することにより、黒色表示部分が再度白色表示に戻ることを確認した。

【0053】

【発明の効果】以上詳細に述べたように、本発明は次のような作用効果を持つ。

【0054】1. 空隙を形成したフィルムの各空隙間の壁が、フィルムの折り曲げ時の耐圧用の柱として作用し、しかも全面に渡って均一に配置されるため、表示装置としてのフレキシブル性を十分保持できる。

【0055】2. ボールを保持するフィルムは、非膨潤状態で使用するため、強度が高く破損しづらい。

【0056】3. ボールが空隙を形成した第1のフィルムの空隙内に完全に入るため、ボールを空隙に入れる操作が非常に容易である。

【0057】4. ボールを高密度に1層並べることができ、電極間距離を小さくできるため、より低電圧で駆動できる、或いはより応答速度を上げることができる。

【0058】5. ファイバーによって構成された型の形状は、エッチング条件、ファイバー材料によってどのような形状にでも加工できるため、所望の空隙形状を形成することができる。

【0059】6. 同一径のファイバーで型を構成することによって、空隙ピッチ、空隙径の設定を容易に設定できる。これによりボールを高密度に配置できるため、表示装置としてのコントラストを高くできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の製造方法を示す図である。

【図2】本発明の製造方法を示す図である。

【図3】本発明の型を示す図である。

【図4】本発明の型を示す図である。

【図5】本発明の型の製造方法を示す図である。

【図6】本発明の表示装置の1例を示す断面図である。

【図7】本発明に用いられる着色ボールを示す図である。

【図8】本発明の表示装置の1例を示す断面図である。

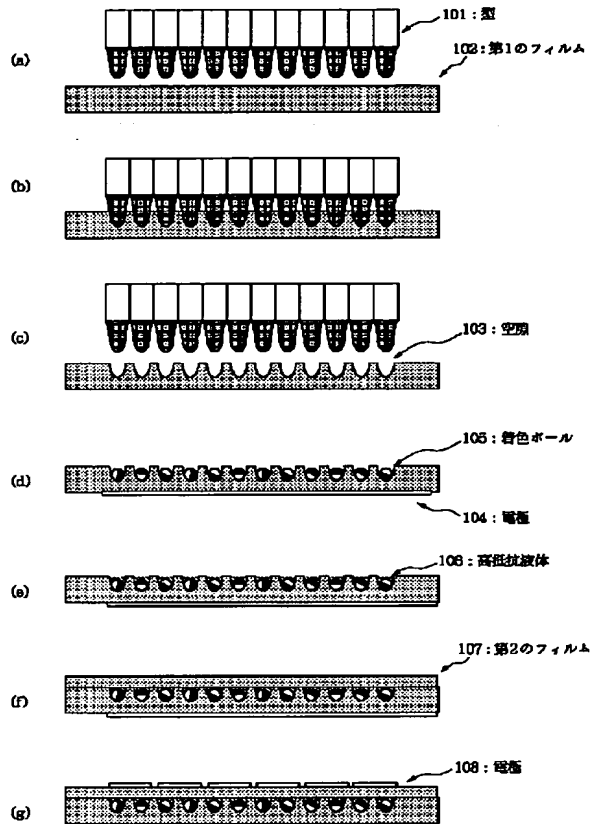
【図9】本発明の実施例3に用いられる表示装置の図である。

【図10】本発明の実施例に用いられる表示装置の図である。

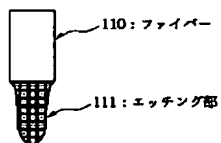
## 【符号の説明】

- 101 型  
102 第1のフィルム  
103 空隙  
104 電極  
105 着色ボール  
106 高抵抗液体

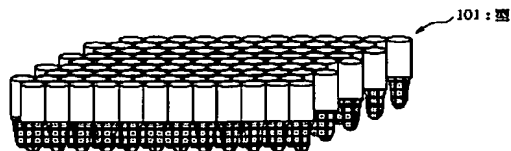
【図1】



【図3】



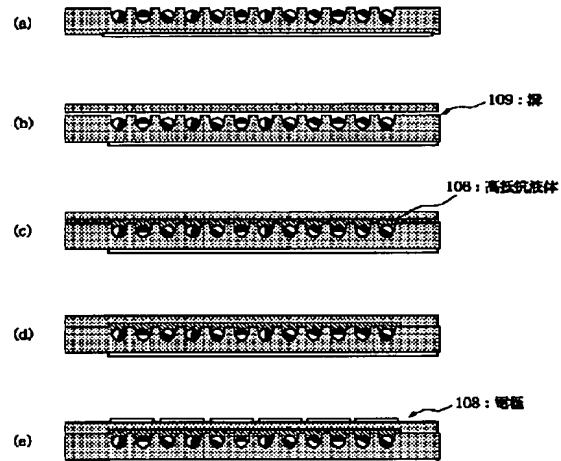
【図4】



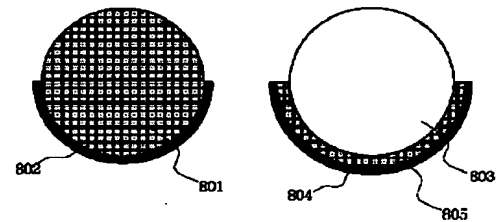
- \* 107 第2のフィルム  
108 電極  
109 溝  
110 ファイバー  
111 エッチング部  
112 レジスト

\*

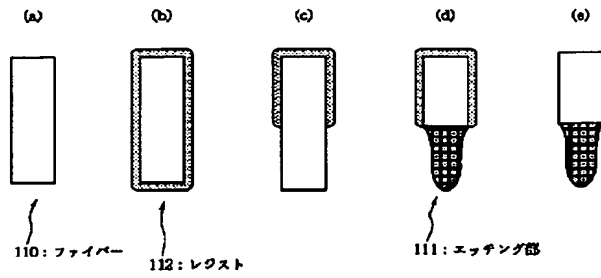
【図2】



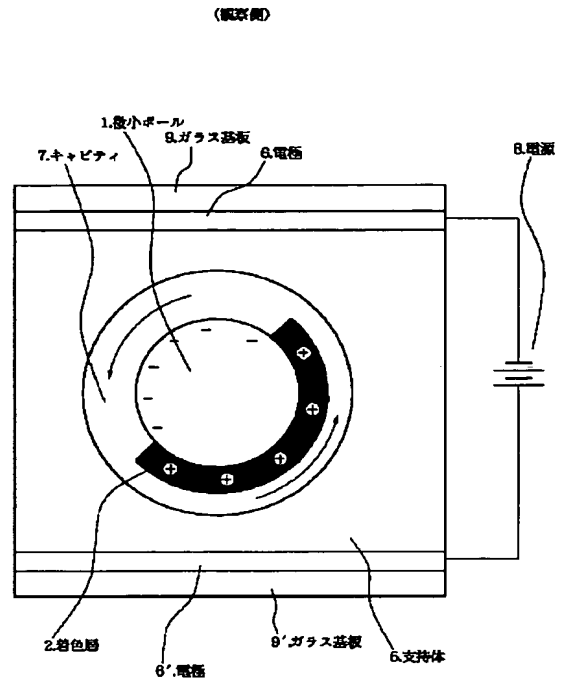
【図7】



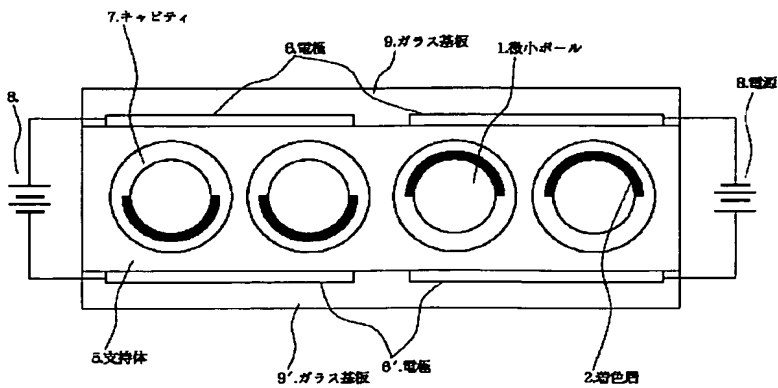
【図 5】



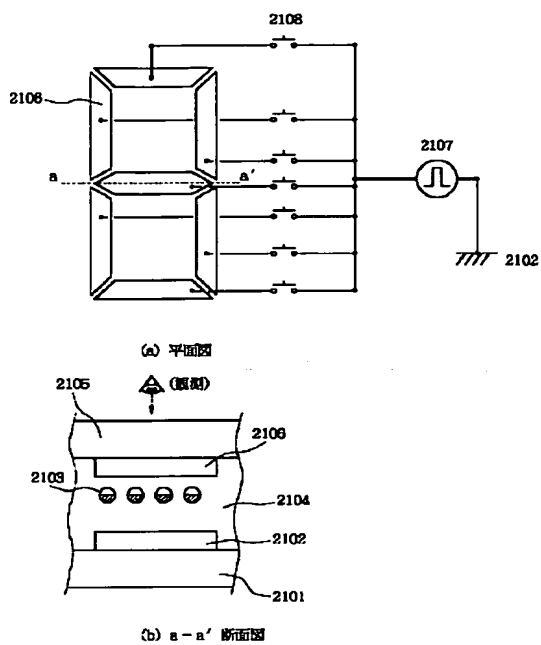
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

